

**INFORMATION DISCLOSURE  
STATEMENT BY APPLICANT**  
( Not for submission under 37 CFR 1.99)

Application Number	10748587
Filing Date	2003-12-30
First Named Inventor	ROBERT STEIFERWALD, ET AL.
Art Unit	1753
Examiner Name	
Attorney Docket Number	132743

**CERTIFICATION STATEMENT**

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

- ☒ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

- ☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

- ☐ See attached certification statement.
- ☐ Fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.
- ☐ None

**SIGNATURE**

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	<i>Ann m. Agosti</i>	Date (YYYY-MM-DD)	2006-04-19
Name/Print	Ann m. Agosti	Registration Number	37372

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

<b>INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT</b> ( Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		10748587
	Filing Date		2003-12-30
	First Named Inventor	ROBERT STEIFERWALD, ET AL.	
	Art Unit	1753	
	Examiner Name		
	Attorney Docket Number	132743	

## U.S. PATENTS

Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code <sup>1</sup>	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1					

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

## U.S. PATENT APPLICATION PUBLICATIONS

Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code <sup>1</sup>	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1					

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.

## FOREIGN PATENT DOCUMENTS

Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number <sup>3</sup>	Country Code <sup>2</sup>	Kind Code <sup>4</sup>	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T <sup>5</sup>
	1							<input type="checkbox"/>

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button

## NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T <sup>5</sup>

**INFORMATION DISCLOSURE  
STATEMENT BY APPLICANT**  
( Not for submission under 37 CFR 1.99)

Application Number	10748587
Filing Date	2003-12-30
First Named Inventor	ROBERT STEIFERWALD, ET AL.
Art Unit	1753
Examiner Name	
Attorney Docket Number	132743

1	K. FURUKAWA, et al. "Transformer-less Inverter for Photovoltaic Power System", Inst. of Elec. Eng. of Japan, Ind. Appl. Soc., transaction No. 77, pp. 217-220 (1996).	<input type="checkbox"/>
---	---	--------------------------

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button

**EXAMINER SIGNATURE**

Examiner Signature		Date Considered	
--------------------	--	-----------------	--

\*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

<sup>1</sup> See Kind Codes of USPTO Patent Documents at [www.USPTO.GOV](http://www.USPTO.GOV) or MPEP 901.04. <sup>2</sup> Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). <sup>3</sup> For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. <sup>4</sup> Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. <sup>5</sup> Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

## 太陽光発電用トランスレスインバータ

古川公彦\*, 牧野正寛, 牧野康弘, 前川正弘(三洋電機)

Transformer-less Inverter for Photovoltaic Power System

Kimihiro Furukawa\*, Masahiro Makino, Yasuhiro Makino, Masahiro Maekawa (SANYO Electric Co.Ltd.)

**Abstract:** We developed a transformer-less inverter for photovoltaic power system. This runs as a wide range input voltage of DC145V~450V with high conversion efficiency of over 93% max. The earth short of solar cell is a serious problem for transformer-less PV system. We solved this problem by using flux-gated high precision current detector and high impedance filter inductor.

**キーワード:** 太陽光発電、チョッパ、インバータ、直流地絡

## 1.はじめに

近年の地球環境問題を背景に、個人住宅用太陽光発電システムが実用化されている。このシステムでは太陽電池とともにパワーマネジメントを行うインバータが中核を成している。インバータ回路方式は導入初期に用いられた低周波リンク方式、高周波リンク方式から絶縁トランスを用いないトランスレス方式が主流になりつつある。トランスレス方式により小型軽量化、高効率化、低コスト化が実現出来る。

本論文ではワイドレンジ入力(DC145V~450V)、高効率(最大93%以上)の小型軽量トランスレスイン

バータの開発を行ったので報告する。

## 2.回路構成

## 2.1 インバータ仕様

表1に開発したインバータの仕様を、図1に外観を示す。冷却方式は低出力時は自然空冷、高出力時温度が上昇した場合はファンによる強制空冷を行う。体積・重量は当社従来品(低周波リンク方式)と比較してそれぞれ1/2, 1/3である。

表1 仕様一覧  
Table1 Specifications

定格容量	3.6kW(連系時) / 1.5kW(自立時)
定格入力電圧	DC200V
入力電圧範囲	DC145~450V
定格出力電圧	AC202V
電気方式	単相2線式(連系時単相3線式に対応)
変換効率	最大93%以上
単独運転格出方式	周波数シフト方式、3次高調波電圧低減格出
電圧変動対策機能	出力制御、連相無効電力制御、
冷却方式	自然空冷・強制空冷併用
寸法・重量	410(W)x190(D)x285(H)、17kg

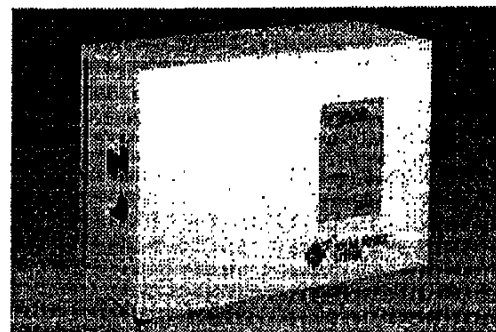


図1 インバータ外観  
Fig.1 The outside appearance

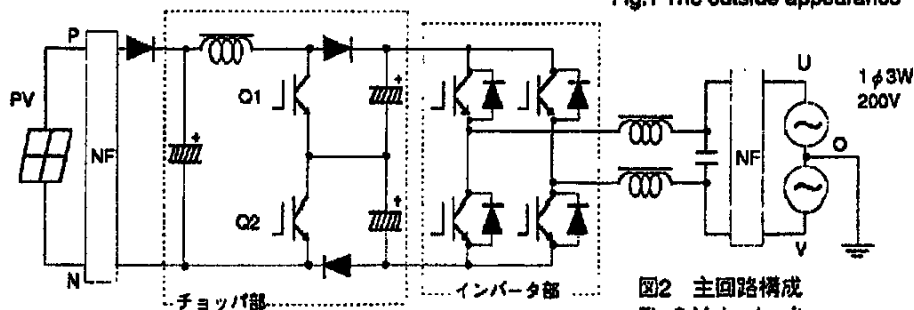


図2 主回路構成  
Fig.2 Main circuits

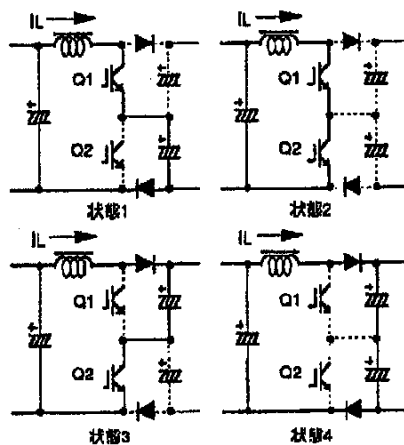


図3 動作状態  
Fig.3 Chopper motions

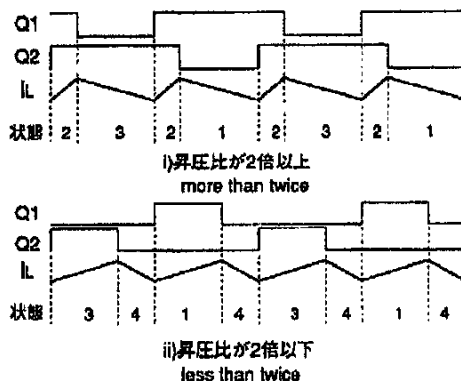


図4 昇圧比とスイッチング方式  
Fig.4 Chopper motions with boost-up ratio

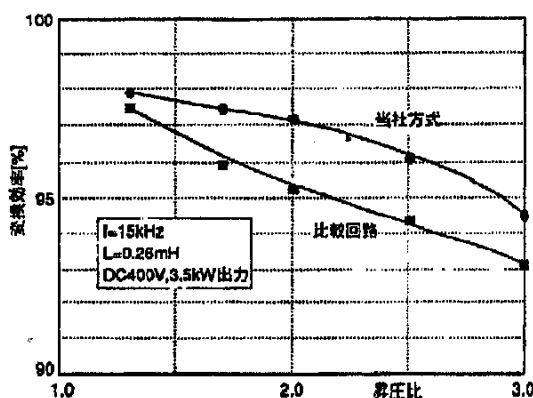


図5 チョッパ効率  
Fig.5 Chopper circuit efficiencies

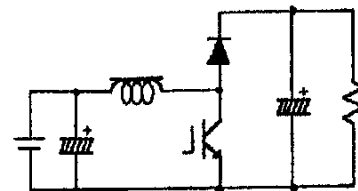


図6 比較回路  
Fig.6 Comparison circuit

## 2.2 回路構成

### 2.2.1 チョッパ回路

図2に主回路構成を示す。AC200Vで系統と連系を行うため、チョッパ部により太陽電池電圧を昇圧させている。本装置の昇圧回路は倍電圧整流回路を応用したものである。図3に動作状態を、図4に昇圧比に応じた動作状態の変化を示す。昇圧比が2倍以上の場合は、状態2によりLに蓄えられたエネルギーによりCを交互に充電する(状態1,3)。昇圧比が2倍以下の場合は、状態1,状態3により片側のCを充電しつつLにエネルギーを蓄え、次にLのエネルギーを用いて両方のCを充電する(状態4)。また上下のコンデンサの電圧がバランスするよう制御する。本方式を一般的な回路と比較した場合、以下の長所がある。

#### a)広範囲な昇圧比で高効率動作が可能

コンデンサにより2倍に昇圧するため、一般的な回路と比較して効率が低い。昇圧比に対する変換効率を図5に示す。比較した回路を図6に示す。デバイスやスイッチング周波数は等しく設定した。

#### b)リアクトルの小型軽量化が可能

多重スイッチングにより、スイッチング周波数は見かけ上2倍となり、リアクトルを小型化することが可能である。

### 2.2.2 インバータ回路

インバータ部は多重PWM方式を採用した。ピークの発生を抑えるためチョッパ回路とインバータ回路のスイッチングは同期させている。

図2において破線で示した主回路の半導体素子

表2 パワーICの機能

Table2 Functions included power ICs

IC	内蔵素子	数/機能
チョッパIC	電力素子	IGBT 2(駆動回路含む) DI 2
	保護回路	過電圧, 過電流
インバータIC	電力素子	IGBT 4(駆動回路含む) DI 4
	保護回路	過電圧, 過電流, 温度上昇



図7 パワーIC  
Fig.7 Power IC

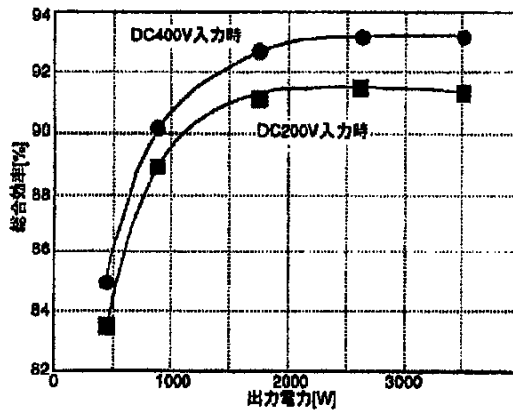


図8 総合効率  
Fig.8 Total efficiencies

は、各々1パッケージの厚膜回路に集積することで装置の小型化を図った。このパワーICが持つ機能を表2に示す。各々のICには、IGBT駆動回路、保護回路を内蔵する。

パワーICの外観写真を図7に示す。形状はW119xD79xH13mm(端子部除く)である。

### 3.効率特性

本装置の総合効率を図8に示す。定格DC200V入力では91.8%である。またDC400V入力時は93.2%、140V時は90.5%である。

### 4.直流地絡検出

#### 4.1 地絡の検出手段

トランスレス方式では太陽電池が系統に直接接続されるため、太陽電池が地絡した場合感電や火災の可能性が考えられる。本インバータでは直流側入力電流の不均衡をフラックスゲート型電流センサにより検出し、インバータを安全に停止し太陽電池を系統から切り放している。このセンサの検出特性を図9に示す。

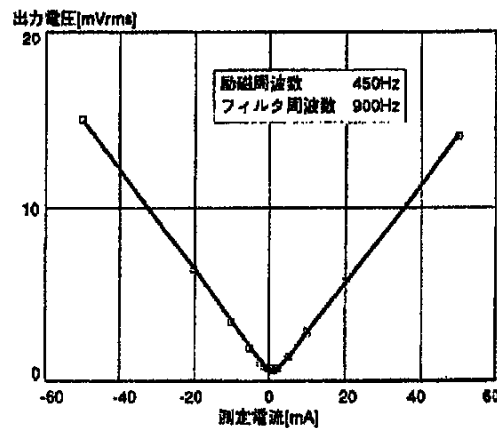


図9 電流センサの検出特性  
Fig.9 Character of current detector

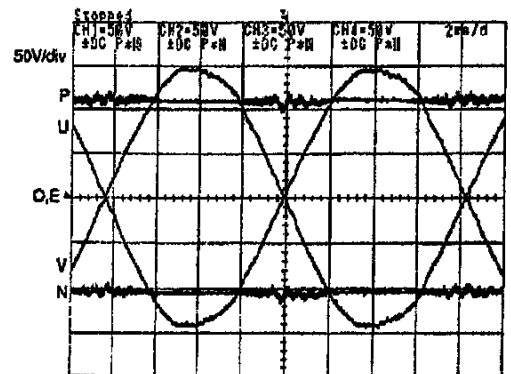


図10 運転時の対地電位  
Fig.10 Potentials from earth  
(太陽電池使用、動作点DC200V付近の測定)

DC~400Hz付近まで精度良く検出することが可能である。また本インバータでは主回路の動作により直流入力端子の対地電位が対称となるため(図10)、正極負極のいずれが地絡しても検出できる。

#### 4.2 インバータの動作による地絡電流誤検出

太陽電池は実際に設置すると、対地に対して容量成分を持つ。インバータが動作するとノイズが発生するが、ノイズはこの容量成分により地絡電流として流れる。この場合の等価回路を図11に示す。

系統側では柱上トランスにより中性線(O相)が接地されている。太陽電池の容量成分Cp,Cnは常に同容量である。晴天時はこの容量は無視出来るが、雨天時などは一時的に容量が増加し対地間のインピーダンスが低下して地絡電流が増加する。

インバータ対地間の交流等価回路を図12に示す。

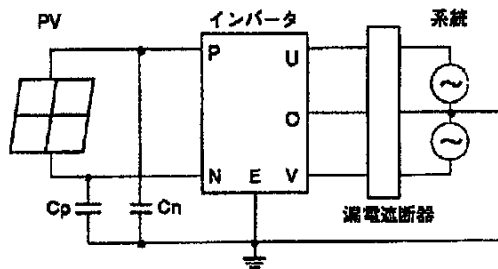


図11 等価回路  
Fig.11 Equivalent circuit

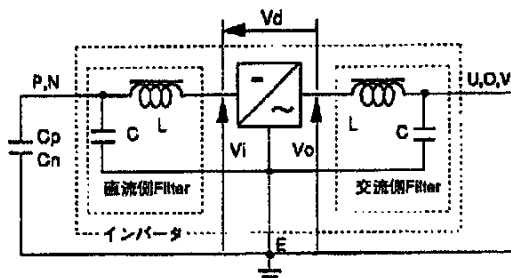


図12 対地間等価回路  
Fig.12 Equivalent earth circuit

本主回路はチョップ回路及びインバータ回路の動作により、昇圧比及び入力電圧に応じて端子間電位差 $V_d$ が変動し、これにより直流側電位 $V_i$ が変動する。ノイズ対策用フィルタ $L, C$ は $V_i$ の変動を吸収してノイズを低減させる役割がある。本インバータで採用したリアクトルの周波数特性を図13に示す。

スイッチング周波数域ではインピーダンスは $L$ が支配的となる。これにより本インバータの地絡電流は雨天等対地間容量が大きい場合でも増加しない。

逆に商用周波数付近では $C_p, C_n$ が支配的になるが、本インバータでは直流側電位の商用周波数の変動は小さいので、これによる地絡電流はわず

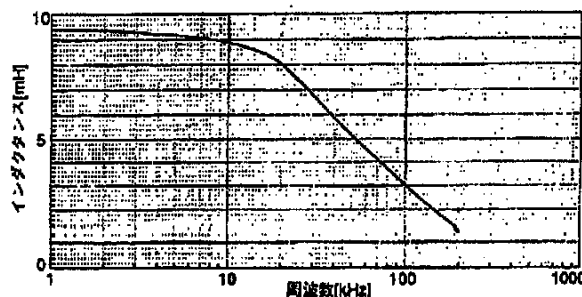


図13 フィルタ用リアクトルの周波数特性  
Fig.13 Frequency character of filter inductor

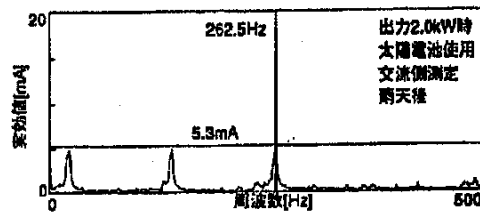


図14 地絡電流のスペクトル  
Fig.14 Spectrum of earth-leakage current

かである。

雨天後の地絡電流のスペクトルを図14に示す。交流側及び直流側においてほぼ同じである。地絡センサは400Hz以下の成分を検出するが、これらの実効値は検出レベル以下に収まっている。

#### 5.おわりに

個人住宅用太陽光発電システム用ワイドレンジ入力トランスレスソーラーインバータを開発した。合わせてトランスレス方式特有の課題である直流地絡の検出及び地絡電流について検討し、実用上・安全上の問題がない事を示した。今後は一層の効率向上や低価格化に努め、新エネルギーの普及に貢献していきたい。

#### 参考文献

- (1)山本文雄・北村章夫：平8電気学会全国大会 No.778